



NIT-400

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Appl. No.: 10/697,094 Confirmation No. 1456
Applicant: H. SAGA et al.
Filed: October 31, 2003
Title: RECORDING HEAD AND INFORMATION RECORDING
APPARATUS
TC/AU: 2651
Examiner: N. Figueroa
Customer No.: 24956

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

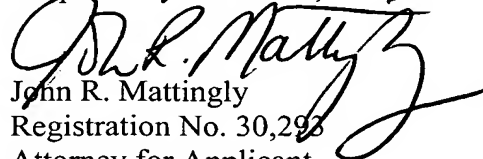
Sir:

Applicants submit herewith a certified priority document of the corresponding
Japanese Patent Application:

No. 2002-320625, filed November 5, 2002, for the purpose of claiming foreign
priority under 35 U.S.C. § 119.

Applicants respectfully request that the priority document be submitted and filed and
officially made of record.

Respectfully submitted,


John R. Mattingly
Registration No. 30,293
Attorney for Applicant

MATTINGLY, STANGER, MALUR & BRUNDIDGE, P.C.
1800 Diagonal Road, Suite 370
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1120
Date: November 23, 2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 2 0 6 2 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 2 0 6 2 5]

出 願 人 株式会社日立製作所
Applicant(s):

US SN
10/697,094

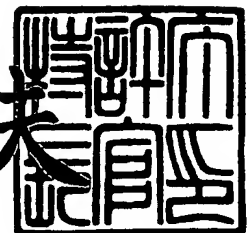
Best Available Copy

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 0 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 H02015381A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 嵯峨 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 松本 拓也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 石川 啓

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

【氏名】 助田 裕史

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】**【予納台帳番号】** 013088**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 記録ヘッドおよびそれを用いた情報記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

近接場光を発生させて記録媒体に熱磁氣的に情報を記録する記録ヘッドにおいて、

光源と、

前記記録媒体に磁界を印加するための第 1 の磁極と、

前記光源からの光を照射されることにより近接場光を設置される前記記録媒体近傍に発生する散乱体とを有し、

前記散乱体は、前記光源からの光を照射される面が、設置される前記記録媒体に略垂直となるように、前記主磁極に接して形成されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 2】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、前記散乱体は、前記光を照射される面の裏面が前記第 1 の磁極に接し、前記光源からの光出射方向と前記第 1 の磁極との間に配置されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 3】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、さらに第 1 の磁極とは異なる第 2 の磁極を有し、前記光源と前記第 2 の磁極との間に配置されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、前記散乱体は、前記光を照射される面の裏面が前記第 1 の磁極に接し、前記第 1 の磁極と前記第 2 の磁極との間に配置されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 5】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、前記第 2 の磁極は、設置される前記記録媒体に略垂直かつ走査方向に略直交するように形成されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、前記散乱体は、略二等辺三角形であり、長さの等しい 2 辺に挟まれた頂点部分を設置される前記記録媒体と対向して設置されていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 7】

請求項 1 記載の記録ヘッドにおいて、前記散乱体の材料は、Au, Pd, Pt, Rh, Ir のうちいずれか 1 つ、又は、これらの合金であることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 8】

請求項 2 記載の記録ヘッドにおいて、前記第 1 の磁極の一方が前記補助磁極に接続され、他方が記録ヘッドの底面に至っており、前記情報記録媒体に対向していることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項 9】

近接場光を発生させて記録媒体に熱磁氣的に情報を記録再生する情報記録再生装置において、

光源と、

前記記録媒体に磁界を印可するための磁極と、

前記光源からの光を受けることにより近接場光を発生する散乱体とを有し、

前記散乱体は、前記光源からの光が照射される面が、設置された前記記録媒体に略垂直となるように、前記磁極に接して形成され、
前記記録媒体の磁束を検出する磁束検出手段を有していることを特徴とする情報記録再生装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の情報記録再生装置において、さらに、前記記録媒体の所望の位置を前記散乱体及び前記磁束検出手段が走査するように駆動するための駆動手段を有していることを特徴とする情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、磁気記録媒体に対して光的あるいは熱的な励起を行い該記録媒体の保磁力を局所的に低下せしめて熱磁氣的に情報を記録する機能を有する記録ヘッドおよびそれを用いた情報記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

日本国公開特許公報、特開平10-162444号広報に見られる「光磁気記録媒体と記録再生方法、及び記録再生装置」（第1の従来技術）においては、記録再生装置で固体イメージング・レンズを用いたヘッドを利用し、光磁気ディスクに超微細な光ビームスポットで超微細な磁区信号を記録する技術が開示されている。

【0003】

また日本国公開特許公報、特開2001-255254号公報に見られる「近接場光プローブおよびそれを用いた近接場光学顕微鏡および光記録／再生装置」（第2の従来技術）においては、基板上に形成された円錐体や三角形などの形状をした金属の散乱体と、その散乱体の周辺に形成された散乱体の高さと同じ膜厚を持つ金属または誘電体または半導体などの膜により構成されている近接場光プローブおよびそれを用いる光記録に関する技術が開示されている。

【0004】

さらに日本国公開特許公報、特開2002-48697号公報に見られる「近接場光プローブおよびその作製方法」（第3の従来技術）においては、金属の散乱体が誘電体中に埋め込まれ、かつ平均面粗さ10nm以下程度に平坦な近接場光プローブを作製する方法が開示されている。

【特許文献1】 特開平10-162444号公報

【特許文献2】 特開2001-255254号公報

【特許文献3】 特開2002-48697号公報

【発明が解決しようとする課題】

一般に、記録媒体に対して光的あるいは熱的な励起を行い該記録媒体の局所的な物理的状态を変化せしめて情報を記録する機能を有する記録ヘッドおよびそれを用いた情報記録装置においては、レンズを用いて回折限界まで絞り込まれた光

スポットを用いる方法が基本的である。この場合、光スポットの大きさは光源の波長を λ 、レンズの開口数をNAとして λ/NA の程度となり、この大きさが記録媒体上において物理的状态変化を生じせしめられる領域（いわゆる「記録マーク」）のサイズ、すなわち記録密度を支配する。記録密度を増大させるためには光源波長を短縮するか、開口数を大きくすることが直接的ではあるが、短波長の光源を開発することは光源素子の材料や発光効率の点できわめて問題が大きく、また開口数は理論的に1よりも大きくすることができない。したがって回折限界の光スポットによる情報記録では、記録密度を増大させる上で大きな困難が存在する。

【0005】

この困難を克服する目的で、第1の従来技術に見られるような光近接場を用いた熱磁気的な情報記録技術が開発されている。すなわち屈折率 n の材質で形成された固体イメージョン・レンズを用いることにより、記録に用いられる光スポット径を λ/NA からさらに $1/n$ ないしは $1/n^2$ （「 \wedge 」はべき乗を表す）倍まで縮小し、記録密度を増大させていた。しかし固体イメージョン・レンズを構成する材料には組み合わせる光源の波長における高い屈折率と低い吸収率が要求される。例えば現在記録用光源として実用化されている最も波長の短い青紫色半導体レーザを用いる場合、 λ は405nm程度となるが、この波長帯で吸収の少ない光学ガラスの屈折率は2程度であり、 $NA=0.9$ のレンズと組み合わせた場合でも、光スポット径は110nm程度までしか縮小されない。したがってこの光スポット径を大幅に下回るサイズの記録マークを安定に形成することは困難であり、固体イメージョン・レンズには記録密度を増大させる上での限界が存在していた。

【0006】

この第1の従来技術における限界を克服する目的で、第2、第3の従来技術に見られるような金属散乱体を用いた光近接場の発生技術が開発されている。これらの従来技術においては、光スポット径に相当する光近接場の分布サイズが金属散乱体の加工精度によって決定されるため、電子線描画等による高分解能リソグラフィ技術を用いることにより、固体イメージョン・レンズによる光スポット

径等に比して近接場光の分布サイズを大幅に縮小することが可能となった。しかしこれらの従来技術においては光近接場を発生する金属散乱体が記録スライダの底面にむき出しの状態にあり、また比較的熱伝導率の低い誘電体とのみ接触している構造となっていた。このため記録光エネルギーの一部が金属散乱体によって吸収されてしまうとその温度が急速に上昇し、徐々に酸化されて散乱体としての機能が損なわれたり、最悪の場合には溶解して破壊に至るといった問題点が存在していた。このためにより高い効率で光源からの入射光を光近接場に変換できることが必要とされていた。また一般に誘電体と、散乱体を構成する金属とでは熱膨張率が大きく異なるため、両者の界面部分に大きなストレスを生じ、金属散乱体が誘電体から剥離、脱落する可能性が高くなるため、信頼性の高い記録ヘッドおよび情報記録装置を実現する上での障害となっていた。

【0007】

また第2、第3の従来技術を用い、高密度磁気記録に有利な垂直磁気記録媒体に対して現行の光磁気ディスクと同様の熱磁気記録を行った場合には、磁気記録層における磁化遷移幅が記録時の記録媒体上での温度勾配によってのみ決定されている。このため光近接場の分布サイズを縮小しない限りは磁化遷移幅を短縮することができず、金属散乱体の加工精度を上昇させることなく記録密度を増大させるには限界があった。

【0008】

【課題を解決するための手段】

以上の問題を解決する目的で、近接場光を発生させて記録媒体に熱磁氣的に情報を記録する記録ヘッドにおいて、光源と、記録媒体に磁界を印加するための磁極と、光源からの光を照射されることにより設置される記録媒体近傍に近接場光を発生する散乱体とを有し、散乱体は、光源からの光を照射される面が、設置される記録媒体に略垂直となるように、磁極に接して形成されている構成とする。

【0009】

上記の構成を取ることにより、光学系の回折限界や光学部品材料の制限を受けることなく、熱磁気記録に用いられる光スポットのサイズを縮小することができるようになるため、記録媒体上における記録密度を増大させることが可能となり

、情報記録装置のサイズおよびコスト等の点できわめて有利となる。またより少ないエネルギー消費で記録を実現することができるようになる。さらに記録ヘッド内の散乱体の損失によって生じた熱を磁極を通じて速やかに拡散させることが可能となる。これらの結果、温度上昇による散乱体の劣化、破壊等の危険性が低下するとともに、散乱体の加熱による散乱体近傍へのストレス等が最低限に抑えられ、記録ヘッドおよび情報記録装置としての著しい信頼性向上が期待できる。

【0010】

また、散乱体の光が照射される面の裏面が主磁極に接しており、なおかつ光源と主磁極との間に配置されている構成とする。または、散乱体は、主磁極に接し、光源と補助磁極との間に配置されている構成とする。さらに、散乱体は、光が照射される面の裏面が主磁極に接し、主磁極と補助磁極との間に配置されていることを特徴とする。

【0011】

上記の構成を取ることで、記録磁界発生手段による記録磁界の勾配が最も大きい主磁極先端部近傍の領域に、近接場光による温度勾配の大きい領域を一致させることが可能となるため、磁気記録層における磁化遷移幅を短縮でき、散乱体の加工精度を上昇させることなく記録密度を増大させることが可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の具体的な実施形態について詳細に説明する。

【0013】

第1図は本発明による記録ヘッドの第1の構成例を示す図であり、記録ヘッドおよび記録媒体を、記録媒体面に垂直（図中の上下方向）かつ走査方向（図中の左右方向であるトラック方向）に平行な面で切断した場合における記録機構周辺の断面構造を表している。なおこの描写方法は第1図から第4図の実施例において共通である。記録ヘッド100においては、平板状の補助磁極101が記録媒体102に略垂直かつ走査方向に略直交するように形成されている。さらにこの補助磁極101上には、銅からなる導体パターン103が螺旋状に形成されている。導体パターン103同士、補助磁極101および後述する主磁極104の間

隙部分はショートを避けるため、アルミナ等の絶縁体で充填されており、コイル巻線 105 部分は全体としてトーラス状の形状となっている。また導体パターン 103 の両終端は記録ヘッド 100 から外部に引き出され、磁気ヘッド駆動回路に接続されている。コイル巻線 105 内側の窓部分では、主磁極 104 の一端が窓部分を通り抜けて補助磁極 101 に接続されている。主磁極 104 の他端は記録ヘッド 100 底面に至り、記録媒体 102 に対向している。補助磁極 101, 主磁極 104 およびコイル巻線 105 は全体として電磁石を構成しており、これら磁気回路の構造は垂直磁気記録用単磁極ヘッドの構造と同様である。情報の記録時には磁気ヘッド駆動回路から供給される駆動電流によって主磁極 104 の先端部分（記録媒体 102 に対向する面）近傍の磁気記録層 106 に記録磁界が印加される。補助磁極 101 および主磁極 104 の材質はパーマロイとした。また主磁極 104 の先端部分には光源からの受光面の裏面で主磁極 104 に接触する形で Au からなる散乱体 107 が形成されている。Au は融点 1063℃ と高融点であり、加熱されても酸素と化合して酸化物を生成することなく化学的に安定であり、プラズモンによる近接場光を発生して熱磁気記録を行うための金属散乱体として好適な材料の 1 つである。なお主磁極 104 の先端部分および散乱体 107 の受光面も記録媒体 102 の面に対して略垂直とした。記録媒体 102 に対する情報の記録時には前述の記録磁界の発生と同時に、光源である平面レーザー 108 からレーザー光 109 が放射される。このレーザー光 109 はホログラム・レンズ 110 によって収束され、散乱体 107 上に照射される。金属散乱体 107 はコヒーレントなレーザー光 109 の照射を受けると、内部の自由電子がレーザー光 109 の電場によって一様に振動させられる結果としてプラズモンが励起され、散乱体 107 の先端部分（記録媒体 102 に対向する部分）には強い近接場光（図示せず）が発生される。磁気記録層 106 は結晶化ガラス基板 111 上に製膜された膜面垂直方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録膜（例えば TbFeCo アモルファス合金膜や Pd/Cu 多層膜等）である。以上の過程に沿って磁気記録層 106 は記録時に近接場光によって加熱され、同時に主磁極 104 によって記録磁界が印加されるので、平面レーザー 108 およびコイル巻線 105 を適宜駆動することにより、記録すべき情報に対応した所望の記録磁区（記録マーク）を

磁気記録層 106 上に熱磁気記録によって形成することができる。なお以上の構造の作成は一般的なリソグラフィ・プロセスによって作成可能である。また熱磁気記録の方法には光変調記録方式、磁界変調記録方式、光ストロープ磁界変調記録方式等のバリエーションが存在するが、これらは広く知られている方法であり、本明細書中ではそれらの詳細についての説明を割愛する。さらに本明細書中では実施例として垂直磁気記録膜に対する記録のみを挙げているが、本発明による効果は垂直磁気記録に対してだけのみに発揮されるものではなく、面内磁気異方性を有する記録膜を用いる面内磁気記録に対しても同様に有効である。この場合には主磁極の先端部分が、記録媒体に対して面内方向の記録磁界が十分に印加できるいわゆる「リング・ヘッド構造」であることが必要となる。

【0014】

磁気記録層 106 に記録された情報の再生にあたっては、磁気記録層 106 上の局所的な磁化方向を再生信号として検出可能な機構を記録ヘッド 100 と同一のスライダ上に積載すれば良い。すなわち MR（磁気抵抗効果）素子、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子あるいは TMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁束検出手段を積載して磁気記録層からの漏洩磁束を検出することにより情報の再生を行っても良いし、微小開口を有する光学系等を用いて記録媒体の K e r r 効果および F a r a d a y 効果を検出する手段を積載して光学的（光磁氣的）に再生しても良い。この点も第 1 図から第 4 図の実施例において共通である。

【0015】

以上、第 1 図に示された構成では、以下の副次的な効果を得ることができる。まず第 1 の効果として、記録ヘッド 100 の主な加工方向（堆積またはエッチングの方向）が 1 方向に限定されることにより製造プロセスが容易となり、製造歩留まりが向上する結果、生産コスト低減が可能となる。また第 2 の効果として、主磁極 104 の先端部分近傍の記録磁界の勾配が最も大きい領域に、近接場光による温度勾配の大きい領域を一致させることができ、その領域における実効的記録磁界勾配を増大させることによって再生信号におけるトランジション・ノイズの低減が可能となる。さらに第 3 の効果として、主磁極 104 と散乱体 107 にそれぞれ最適な材料を用いることが可能となり、効率的な記録磁界の発生と効率

的な近接場光の発生を両立することができ、より少ないエネルギーの消費だけで熱磁気記録を実現することが可能となる。一般に主磁極 104 に求められる条件とは、高い飽和磁束密度、高い透磁率、小さな残留磁化であり、これらを満足する材料としては Fe-Ni 系合金の一種であるパーマロイ等が代表的である。さらに主磁極 104 にはこれらの条件に加えて、磁気記録層 106 の特性および主磁極 104 との位置関係に応じた適当な形状および寸法が存在する。一方、散乱体 107 に求められる条件とは、光源の発振波長における高い光近接場発生効率と、大気中である程度加熱されても変化しない高い化学的安定性であり、これらを満足する材料としては Au, Pd, Pt, Rh, Ir 等が考えられる。さらに散乱体 107 には光源の発振波長および散乱体 107 の材質の条件に加えて、磁気記録層 106 の特性および散乱体 107 との位置関係に応じた適当な形状および寸法が存在する。このように主磁極 104 と散乱体 107 では各々好ましい材質、寸法、形状が一般に異なっており、主磁極 104 を散乱体 107 として兼用することは現実的には困難である。

【0016】

第 2 図は本発明による記録ヘッドの第 2 の構成例を示す図である。記録ヘッド 200 においては、平板状の補助磁極 201 が記録媒体 202 に略垂直かつ走査方向に略直交するように形成されている。さらにこの補助磁極 201 上には、銅からなる導体パターン 203 が螺旋状に形成されている。導体パターン 203 同士、補助磁極 201 および後述する主磁極 204 の間隙部分はショートを避けるため、アルミナ等の絶縁体で充填されており、コイル巻線 205 部分は全体としてトラス状の形状となっている。また導体パターン 203 の両終端は記録ヘッド 200 から外部に引き出され、磁気ヘッド駆動回路に接続されている。コイル巻線 205 内側の窓部分では、主磁極 204 の一端が窓部分を通り抜けて補助磁極 201 に接続されている。主磁極 204 の他端は記録ヘッド 200 底面方向に伸びている。補助磁極 201、主磁極 204 およびコイル巻線 205 は全体として電磁石を構成しており、情報の記録時には磁気ヘッド駆動回路から供給される駆動電流によって主磁極 204 の先端部分（記録媒体 202 に対向する面）近傍の磁気記録層 206 に記録磁界が印加される。補助磁極 201 および主磁極 20

4の材質は、第1図の構成と同様に、パーマロイとした。また主磁極204の先端部分（記録媒体202に近い部分）には主磁極204に一部が接触する形で、Ptからなる散乱体207が形成されている。Ptは融点1774℃と高融点であり、大気中で加熱しても450℃を超えない限りは酸素と化合して酸化物を生成することもなく化学的に安定であり、プラズモンによる近接場光を発生して熱磁気記録を行うための金属散乱体として好適な材料の1つである。なお主磁極204の先端部分および散乱体207の受光面も記録媒体の面に対して略垂直とした。記録媒体202に対する情報の記録時には前述の記録磁界の発生と同時に、光源である半導体レーザ208から記録媒体202の面に向かって下向きにレーザ光209が放射される。このレーザ光209はミラー212によって進行方向を直角に変えられ、記録媒体202の面と平行に進んだ後、ホログラム・レンズ210によって収束され、散乱体207上に照射される。金属散乱体207はコヒーレントなレーザ光209の照射を受けると、内部の自由電子がレーザ光209の電場によって一様に振動させられる結果としてプラズモンが励起され、散乱体207の先端部分（記録媒体202に対向する部分）には強い近接場光（図示せず）が発生される。磁気記録層206は結晶化ガラス基板211上に製膜された膜面垂直方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録膜である。以上の過程に沿って磁気記録層206は記録時に近接場光によって加熱され、同時に主磁極204によって記録磁界が印加されるので、半導体レーザ208およびコイル巻線205を適宜駆動することにより、記録すべき情報に対応した所望の記録磁区を磁気記録層206上に熱磁気記録によって形成することができる。

【0017】

以上、第2図に示された構成では、主磁極204と散乱体207にそれぞれ最適な材料を用いることが可能となり、効率的な記録磁界の発生と効率的な近接場光の発生を両立することができ、より少ないエネルギーの消費だけで熱磁気記録を実現することが可能となるという副次的な効果が得られる。

【0018】

第3図は本発明による記録ヘッドの第3の構成例を示す図である。記録ヘッド300においては、平板状の補助磁極301が記録媒体302に略垂直かつ走査

方向に略直交するように形成されている。さらにこの補助磁極 301 上には、銅からなる導体パターン 303 が螺旋状に形成されている。導体パターン 303 同士、補助磁極 301 および後述する主磁極 304 の間隙部分はショートを避けるため、アルミナ等の絶縁体で充填されており、コイル巻線 305 部分は全体としてトラス状の形状となっている。また導体パターン 303 の両終端は記録ヘッド 300 から外部に引き出され、磁気ヘッド駆動回路に接続されている。コイル巻線 305 内側の窓部分では、主磁極 304 の一端が窓部分を通り抜けて補助磁極 301 に接続されている。主磁極 304 の他端は記録ヘッド 300 底面方向に伸びている。補助磁極 301、主磁極 304 およびコイル巻線 305 は全体として電磁石を構成しており、情報の記録時には磁気ヘッド駆動回路から供給される駆動電流によって主磁極 304 の先端部分（記録媒体 302 に対向する面）近傍の磁気記録層 306 に記録磁界が印加される。補助磁極 301 および主磁極 304 の材質は、第 1 図および第 2 図の構成と同様に、パーマロイとした。また主磁極 304 の先端部分（記録媒体 302 に近い部分）には主磁極 304 に面で接触する形で、Pd からなる散乱体 307 が形成されている。Pd は融点 1555℃ と高融点であり、大気中で加熱しても赤熱しない限りは酸素と化合して酸化物を生成することなく化学的に安定であり、プラズモンによる近接場光を発生して熱磁気記録を行うための金属散乱体として好適な材料の 1 つである。なお主磁極 304 の先端部分および散乱体 307 の受光面も記録媒体 302 の面に対して略垂直とした。記録媒体 302 に対する情報の記録時には前述の記録磁界の発生と同時に、光源である半導体レーザ 308 からレーザ光が放射される。このレーザ光 309 は散乱体 307 に近い側の出射端から直接光導波路 310 によって導かれ、散乱体 307 上に照射される。金属散乱体 307 はコヒーレントなレーザ光 309 の照射を受けると、内部の自由電子がレーザ光 309 の電場によって一様に振動させられる結果としてプラズモンが励起され、散乱体 307 の先端部分（記録媒体 302 に対向する部分）には強い近接場光が発生される。磁気記録層 306 は結晶化ガラス基板 310 上に製膜された膜面垂直方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録膜である。以上の過程に沿って磁気記録層 306 は記録時に近接場光によって加熱され、同時に主磁極 304 によって記録磁界が印加されるので

、半導体レーザ308およびコイル巻線305を適宜駆動することにより、記録すべき情報に対応した所望の記録磁区を磁気記録層306上に熱磁気記録によって形成することができる。

【0019】

以上、第3図に示された構成では、主磁極304と散乱体307にそれぞれ最適な材料を用いることが可能となり、効率的な記録磁界の発生と効率的な近接場光の発生を両立することができ、より少ないエネルギーの消費だけで熱磁気記録を実現することが可能となるという副次的な効果が得られる。

【0020】

第4図は本発明による記録ヘッドの第4の構成例を示す図である。記録ヘッド400においては、平板状の補助磁極401が記録媒体402に略垂直かつ走査方向に略直交するように形成されている。さらにこの補助磁極401上には、銅からなる導体パターン403が螺旋状に形成されている。導体パターン403同士、補助磁極401および後述する主磁極404の間隙部分はショートを避けるため、アルミナ等の絶縁体で充填されており、コイル巻線405部分は全体としてトラス状の形状となっている。また導体パターン403の両終端は記録ヘッド400から外部に引き出され、磁気ヘッド駆動回路に接続されている。コイル巻線405内側の窓部分では、主磁極404の一端が窓部分を通り抜けて補助磁極401に接続されている。主磁極404の他端は記録ヘッド400底面に至り、記録媒体402に対向している。補助磁極401、主磁極404およびコイル巻線405は全体として電磁石を構成しており、これら磁気回路の構造は垂直磁気記録用単磁極ヘッドの構造と同一である。情報の記録時には磁気ヘッド駆動回路から供給される駆動電流によって主磁極404の先端部分（記録媒体402に対向する面）近傍の磁気記録層406に記録磁界が印加される。補助磁極401および主磁極404の材質は、第1図、第2図および第3図の構成と同様に、パーマロイとした。また主磁極404の先端部分には光源である平面レーザ408からの受光面と同一の面で主磁極404に接触し、主磁極404と補助磁極401間に位置する形で、第1図の構成と同様に、Auからなる散乱体307が形成されている。Auは物理的、化学的に安定であり、プラズモンによる近接場光を

発生させるための金属散乱体として好適な材料の1つであることは前述した通りである。なお主磁極404の先端部分および散乱体407の受光面も記録媒体402の面に対して略垂直とした。記録媒体402に対する情報の記録時には前述の記録磁界の発生と同時に、光源である平面レーザ408からレーザ光409が放射される。このレーザ光409はホログラム・レンズ410によって収束され、主磁極404の先端部分および散乱体407上に照射される。散乱体407の幅（トラックに直交する方向へ長さ）を主磁極404の先端部分の幅（トラックに直交する方向へ長さ）よりも広くしておけば、レーザ光409の多くの部分は直接散乱体407に到達する。また主磁極404の厚みが十分に薄ければ、光源である平面レーザ408からのレーザ光409は主磁極404内を透過して金属散乱体407に同様に到達する。この結果、散乱体407内部にはプラズモンが励起され、散乱体407の先端部分（記録媒体402に対向する部分）には強い近接場光が発生される。磁気記録層406は結晶化ガラス基板410上に製膜された膜面垂直方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録膜である。以上の過程に沿って磁気記録層406は記録時に近接場光によって加熱され、同時に主磁極404によって記録磁界が印加されるので、平面レーザ408およびコイル巻線405を適宜駆動することにより、記録すべき情報に対応した所望の記録磁区を磁気記録層406上に熱磁気記録によって形成することができる。なお第4図中では散乱体407は主磁極404にのみ接しており、補助磁極401に接していない構成としているが、これは本発明における必然的な構成ではなく、散乱体407は主磁極404および補助磁極401に同時に接している構成となっても良い。

【0021】

以上、第4図に示された構成では、以下の副次的な効果を得ることができる。まず第1の効果として、記録ヘッド400の加工方向（堆積またはエッチング方向）が1方向に限定されることにより製造プロセスが容易となり、製造歩留まりが向上する結果、生産コスト低減が可能となる。また第2の効果として、主磁極404の先端部分近傍の記録磁界の勾配が最も大きい領域に、近接場光による温度勾配の大きい領域を一致させることができ、その領域における実効的記録磁界

勾配を増大させることによって再生信号におけるトランジション・ノイズの低減が可能となる。さらに第3の効果として、主磁極404と散乱体407にそれぞれ最適な材料を用いることが可能となり、効率的な記録磁界の発生と効率的な近接場光の発生を両立することができ、より少ないエネルギーの消費だけで熱磁気記録を実現することが可能となる。なお第4図の構成例は、光源である平面レーザ408から見て金属散乱体407の位置が主磁極404の手前にあるか後方にあるかの観点でのみ第1図の構成例と異なる構成となっている。仮に両者の金属散乱体および主磁極の形状が同一であるとすれば、第4図の構成例の方が主磁極404によって遮光もしくは吸収される損失の分だけ金属散乱体407によって発生される近接場光の強度が低下する。ところで熱磁気記録の過程においては、記録媒体の保磁力が記録バイアス磁界の大きさと等しくなる温度において局所的な磁化方向が決定される。したがって金属散乱体107, 407と主磁極104, 404の前後関係は近接場光によって加熱を受けた記録媒体が冷却過程の途中で主磁極の真下を通過するように記録媒体との運動方向が設定されていることが望ましい。すなわち第1図の構成例は記録媒体102が図上右方向に向けて相對運動する場合に適合し、第4図の構成例の場合には記録媒体402が図上左方向に相對運動する場合に適合する。

【0022】

第5図は本発明における散乱体の配置により近接場光の発生効率が向上することを説明する図である。第5(a)図, 第5(b)図のいずれのチャートも、散乱体であるAu薄膜が磁気記録層近傍に配置された場合の、磁気記録層表面における近接場光の強度分布をFDTD法に基づく計算機シミュレーションによって計算した結果である。いずれの場合も散乱体は高さ200nm, 底辺150nmの略二等辺三角形であり、長さの等しい2辺に挟まれた頂点部分の曲率半径は20nm、散乱体の厚さは30nmとした。また、散乱体の形状としては、図5に示したような光が照射される面とその裏面が平行となっている面状のもの限らず、光が照射される面と記録媒体との角度が垂直というのは、実質的に垂直であればよく、角度は約85~90度程度あればよい。また磁気記録層はxy平面に平行な厚さ20nmのTbFeCoアモルファス合金膜、散乱体と磁気記録層との

距離は 5 nm、光源の波長は 800 nm とした。第 5 (a) 図の結果は、第 5 (c) 図に示すように散乱体の受光面を磁気記録層に平行に配置して、受光面に平行な波面の入射光で照射した場合の結果であり、第 5 (b) 図の結果は、図 1 ～ 図 4 で示したように、第 5 (d) 図に示すように散乱体の先端部分（曲率半径 20 nm の略円柱面部分）が記録媒体に対向するように、散乱体の受光面を y 軸に垂直（磁気記録層に対しても垂直）に配置して、y 軸の負方向から y 軸に垂直な波面の入射光で照射した場合の結果である。いずれの場合も図中の波線は散乱体の形状を磁気記録層表面に対して垂直射影した図形の一部を示している。各チャートのプロットは、散乱体によって発生される近接場光の強度ピークに対してそれぞれ 75%、50%、25% の位置を示した等強度線である。第 5 (a) 図の平行配置の場合、入射光強度に対する近接場光のピーク強度比は 178 倍であるのに対して、第 5 (b) 図の垂直配置の場合、入射光強度に対する近接場光のピーク強度比で 264 倍となり、垂直配置の方が 1.5 倍程度強い近接場光を発生できる。また各光近接場分布の強度ピークに対する半値全幅は、平行配置の場合が x 方向：39 nm、y 方向：52 nm であるのに対して、垂直配置の場合は x 方向：33 nm、y 方向：41 nm となり、垂直配置の方がよりコンパクトな光近接場を発生することができる。

【0023】

以上、第 5 図を用いて説明した通り、散乱体の受光面を記録層に対して垂直に配置した場合には、より強力でコンパクトな光近接場を発生することができる。より強力な光近接場が得られるということは入射光の強度、すなわち散乱体を励起する光源の出力がその分だけ低くて済み、また同時に散乱体による光近接場の発生に寄与しない光のエネルギーが少なくて済むことを意味している。それらの結果、記録ヘッド内部においてより少ないエネルギー消費で記録を実現することができるようになり、記録ヘッドの全体的な温度上昇が抑えられ、記録ヘッドおよび情報記録装置全体としての信頼性向上が期待できる。

【0024】

第 6 図は第 1 図で示された本発明による記録ヘッドを用いた情報記録再生装置の構成例を示した図である。本例においては、再生信号の検出手段として、記録

媒体表面近傍の磁束を電気信号に変換するGMR素子が記録ヘッドのスライダ614に積載されているものとして説明を行う。もちろん再生信号の検出手段はGMR素子に限定される物ではなく、インダクティブ素子、MR素子、TMR素子の他、光K e r r効果による検出等によるものでも良い。

【0025】

まず記録または再生動作に並行して行われる記録、再生位置情報の取得について説明する。すなわち基板616上および基板616上に製膜された記録膜615からなる記録媒体620上にはあらかじめその製造時に、記録媒体620上における物理的位置を示す情報（アドレス情報）が一定の変換規則に従って表された磁区配列として記録されている。このため磁束検出手段であるGMR素子613が記録媒体620の表面を走査すると、その表面における磁区配列を反映した信号、すなわちアドレス情報を示す信号がGMR素子613より出力される。GMR素子613のこの出力信号は増幅器610によって必要なレベルまで増幅された後に、復号器606、アクチュエータ駆動回路609およびアドレス認識回路605に入力される。アドレス認識回路605はGMR素子613からの信号からスライダ614の走査位置を解析し、システム・コントローラ604に伝達する。システム・コントローラ604はGMR素子613の位置情報およびインタフェース回路601を介して受け取った外部機器からの記録再生要求に従って、アクチュエータ駆動回路609、記録コイル駆動回路607、レーザ駆動回路608の制御を適宜行う。アクチュエータ駆動回路609はシステム・コントローラ604からの指示およびGMR素子613からの信号に従って、記録媒体620上の所望の位置を金属散乱体617およびGMR素子613が走査するようにVCM (V o i c e C o i l M o t o r) 611の駆動を行う。VCM611はこの駆動信号に従いジンバル・アーム619の先に固定されたスライダ614を移動させ、記録媒体620上の任意位置に位置づける。スライダ614上には、半導体レーザ612、金属散乱体617、GMR素子613、記録コイル618、主磁極621、補助磁極622が積載されていることは前述および第1図において説明した通りである。

【0026】

情報の記録時においては、記録すべきユーザ・データ 600 が外部機器とのインタフェース回路 601 を介してシステム・コントローラ 604 に送られ、必要に応じてエラー検出、訂正情報等の付加後、符号器 603 に伝えられる。符号器 603 はユーザ・データ 600 に対して例えば (1, 7) 変調後 NRZI 変換を施し、記録媒体 620 上の記録磁区の配列を反映した信号を生成する。記録波形発生回路 602 はこの信号を参照し、記録バイアス磁界の制御信号およびレーザ発光強度の制御信号を発生する。磁気コイル駆動回路 607 はシステム・コントローラ 604 からの指示を受け、記録バイアス磁界の制御信号に従って記録コイル 618 を駆動し、金属散乱体 317 によって強い近接場光が発生される部分に記録バイアス磁界を発生する。またレーザ駆動回路 608 もシステム・コントローラ 604 からの指示を受け、レーザ発光強度の制御信号に従って記録エネルギー源である半導体レーザ 612 を駆動する。半導体レーザ 612 から出射されたレーザ光は金属散乱体上 617 に照射され、金属散乱体 617 はその形状で決まる近傍領域に強い近接場光を発生させ、記録膜 615 を加熱する。記録膜 615 は膜面垂直方向に磁化容易軸を有する垂直磁気記録膜（例えば TbFeCo アモルファス合金膜や Pt/Cu 多層膜等）であり、常温での保磁力は外部から印加される記録バイアス磁界よりも高く、記録時のレーザ光による加熱時の保磁力は記録バイアス磁界よりも低い。この構成を取ることで、レーザ光による加熱および記録バイアス磁界を適宜制御することにより、記録膜上に所望の記録磁区を熱磁気記録方式によって形成することができる。

【0027】

情報の再生時においては、記録膜 615 表面を GMR 素子 613 によって走査し、記録磁区の配列を反映した信号を検出する。記録磁区の配列を反映した GMR 素子 613 の出力信号は増幅器 610 によって必要なレベルまで増幅された後に、アクチュエータ駆動回路 609、復号器 606 およびアドレス認識回路 605 に入力される。復号器 606 は符号器 603 の逆変換を施すことにより記録されていたデータを復元し、復元結果をシステム・コントローラ 604 に伝える。システム・コントローラ 604 は必要に応じてエラー検出、訂正等の処理を行い、インタフェース回路 601 を介して再生されたユーザ・データ 600 を外部機

器に送り出す。

【0028】

なおここでは他に第2図～第4図で示された本発明による記録ヘッドを用いた情報記録再生装置の構成例を特別には示さないが、それらに対する構成例は記録ヘッドのスライダ614部分を適宜置換したものとして差し支えない。

【0029】

【発明の効果】

本発明によれば、近接場光を発生させて記録媒体に熱磁氣的に情報を記録する情報記録装置において、光学系の回折限界や光学部品材料の制限を受けることなく、熱磁気記録に用いられる光スポットのサイズを縮小することができるようになるため、記録媒体上における記録密度を増大させることが可能となり、情報記録装置のサイズおよびコスト等の点できわめて有利となる。またより少ないエネルギー消費で記録を実現することができるようになるとともに、さらに記録ヘッド内の散乱体の損失によって生じた熱を磁極を通じて速やかに拡散させることが可能となる。これらの結果、温度上昇による散乱体の劣化、破壊の危険性が低下するとともに、散乱体の加熱による散乱体近傍へのストレス等が最低限に抑えられ、記録ヘッドおよび情報記録装置としての著しい信頼性向上が期待できる。

【0030】

また記録ヘッドが特定の構造をとることにより、記録磁界発生手段による記録磁界の勾配が最も大きい主磁極先端部近傍の領域に、近接場光による温度勾配の大きい領域を一致させることが可能となるため、磁気記録層における磁化遷移幅を短縮し、金属散乱体の加工精度を上昇させることなく記録密度をさらに増大させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明による記録ヘッドの第1の構成例を示す図。

【図2】

本発明による記録ヘッドの第2の構成例を示す図。

【図3】

本発明による記録ヘッドの第3の構成例を示す図。

【図4】

本発明による記録ヘッドの第4の構成例を示す図。

【図5】

本発明における散乱体の配置により近接場光の発生効率が向上することを説明する図。

【図6】

第1図で示された本発明による記録ヘッドを用いた情報記録再生装置の構成例を示した図。

【符号の説明】

100, 200, 300, 400…記録ヘッド

101, 201, 301, 401…補助磁極

104, 204, 304, 404…主磁極

106, 206, 306, 406…磁気記録層

107, 207, 307, 407…散乱体

108, 208…平面レーザ

109, 209, 309, 409…レーザ光

110, 210, 410…ホログラム・レンズ

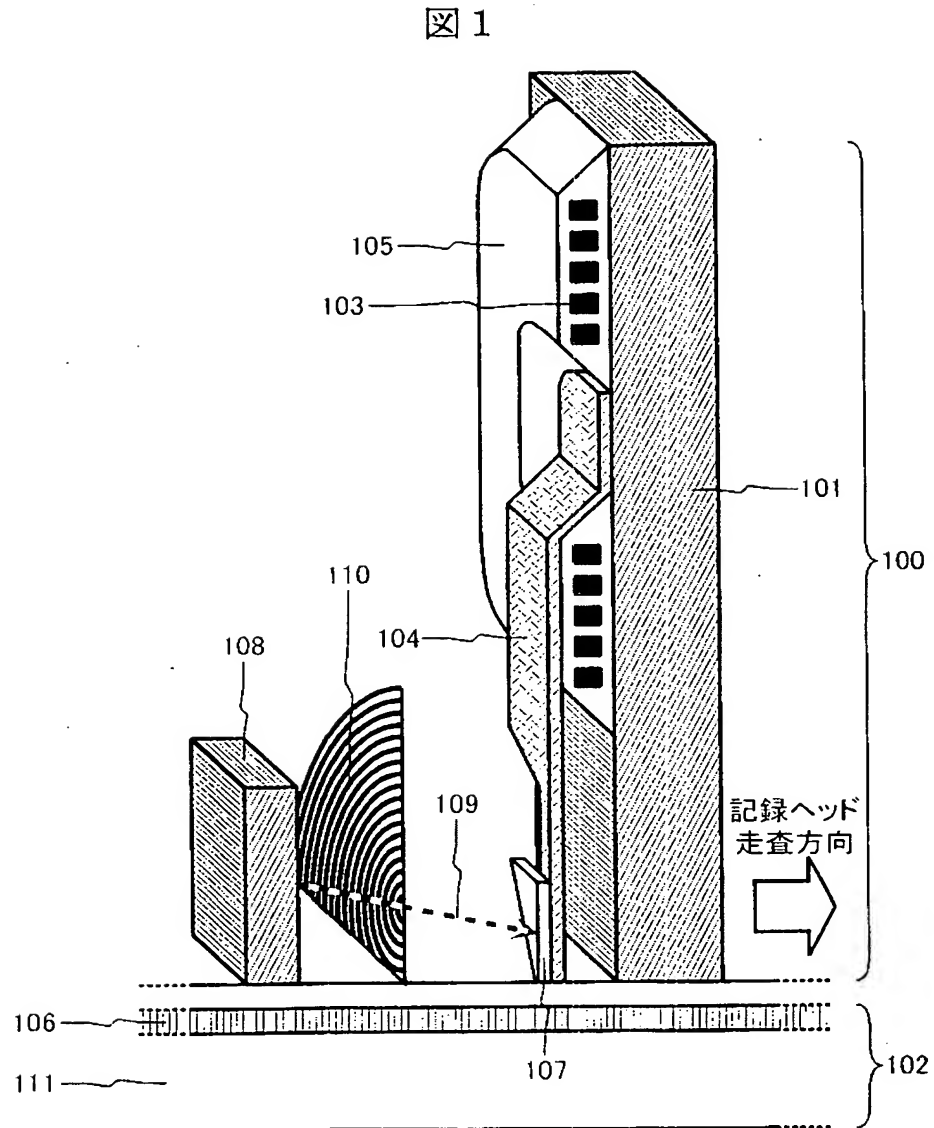
208, 308…半導体レーザ

212…ミラー

310…光導波路。

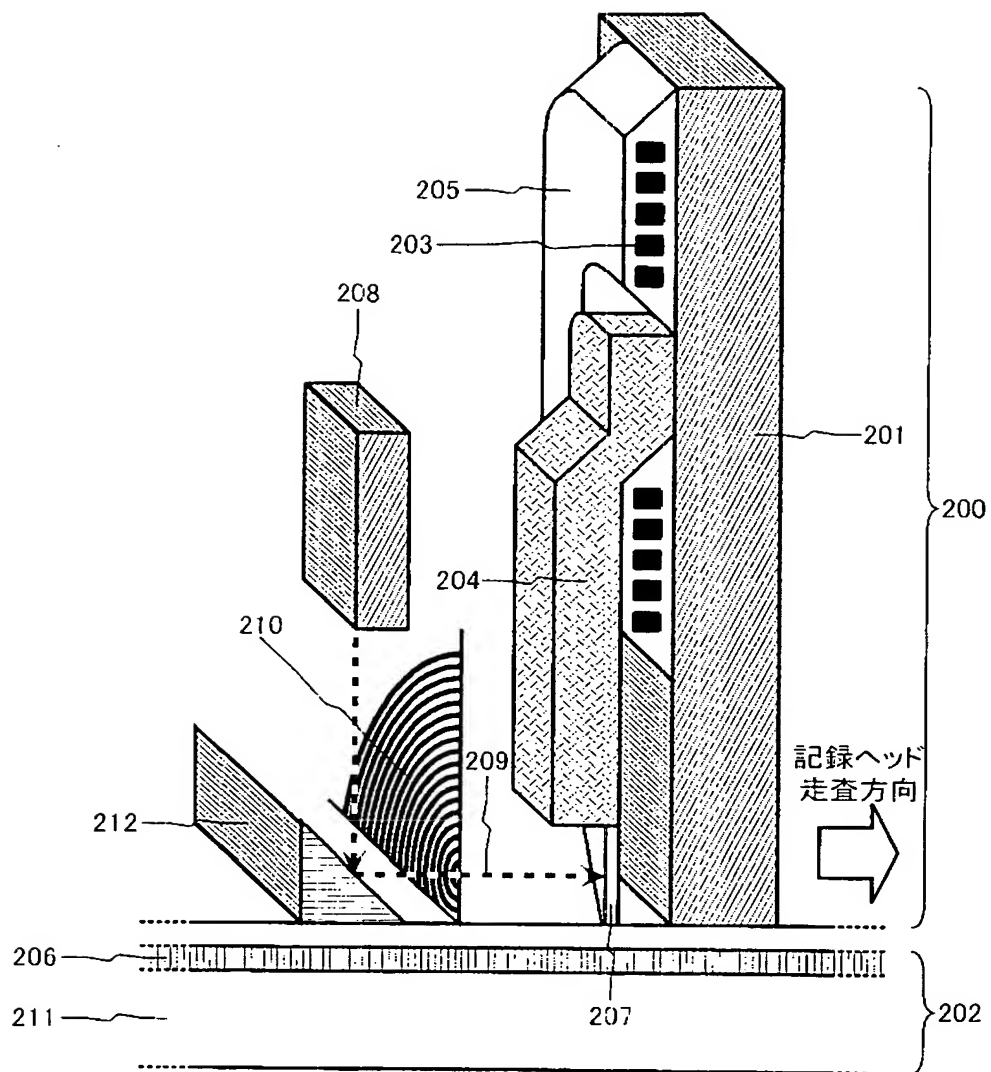
【書類名】 図面

【図 1】



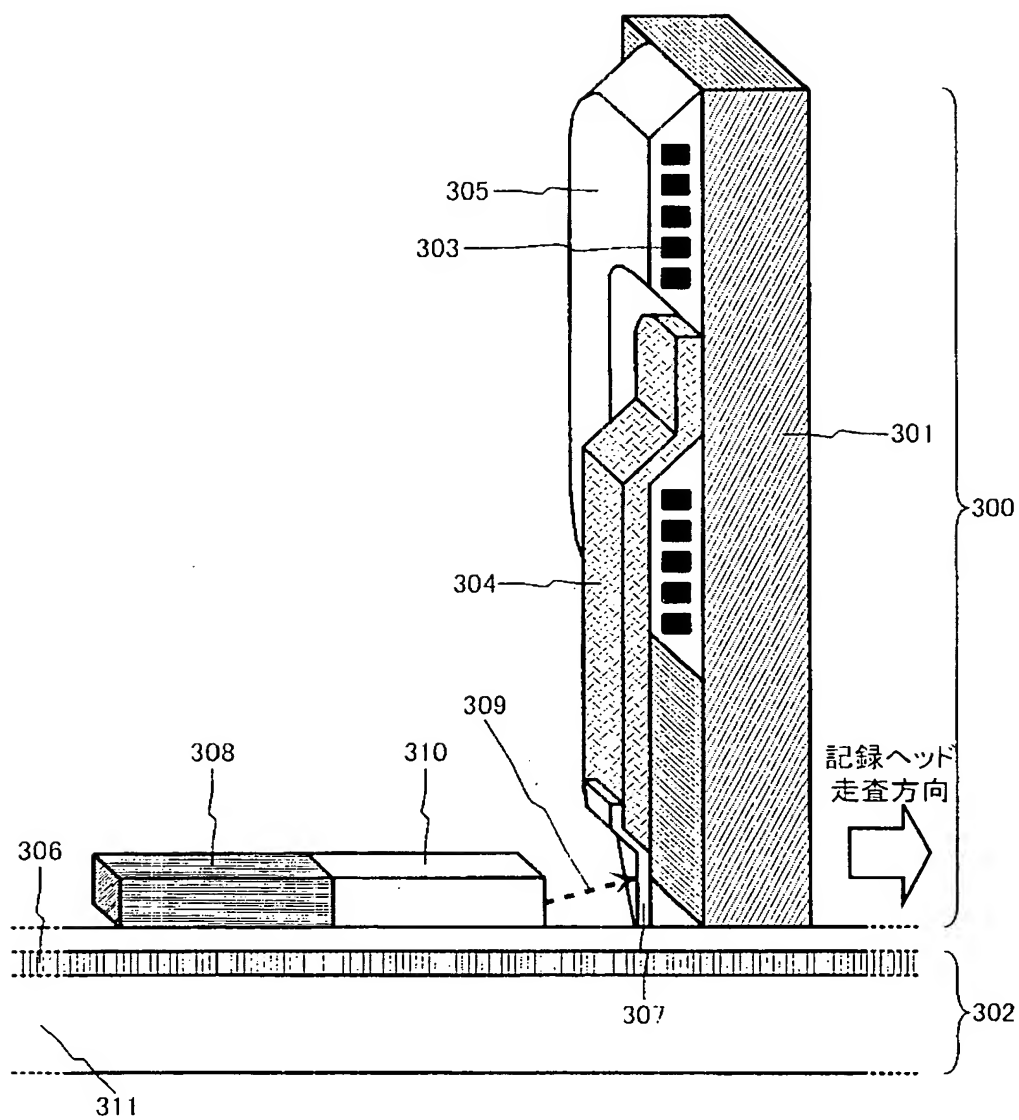
【図 2】

図 2



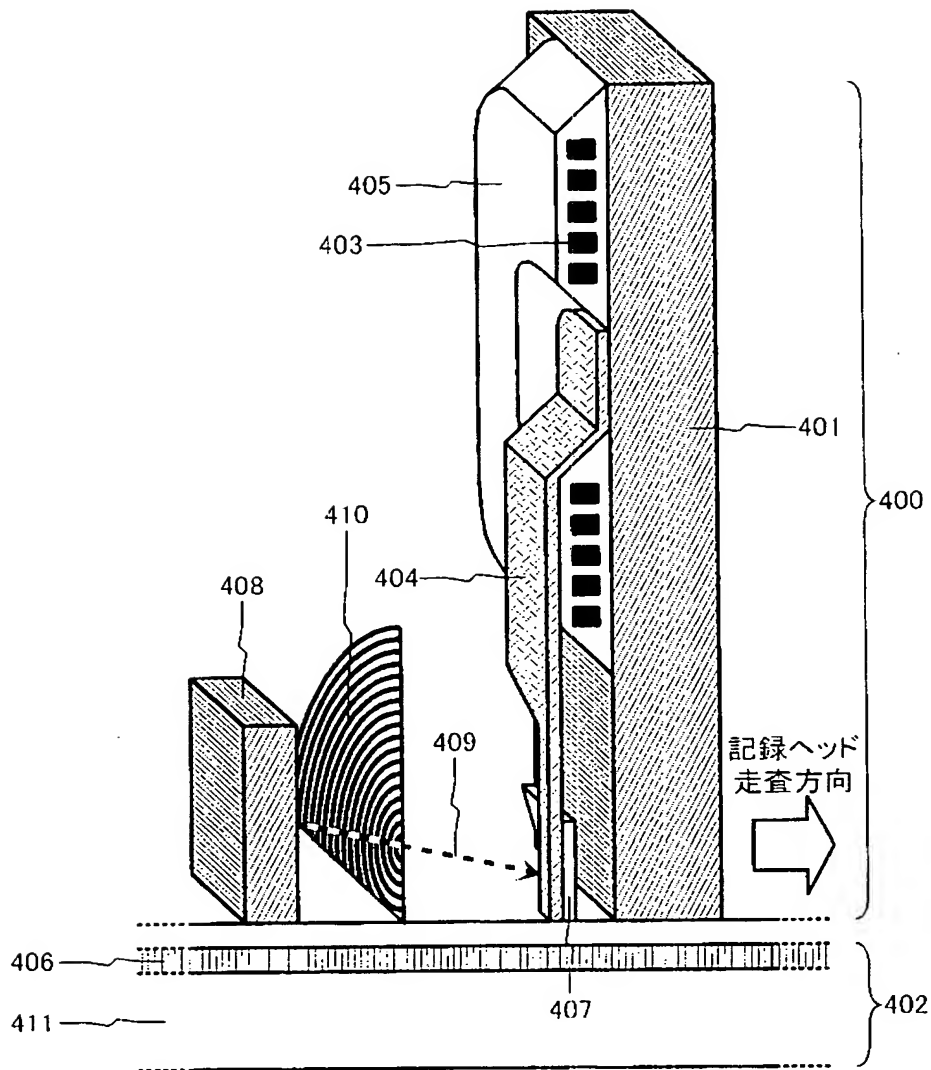
【図 3】

図 3



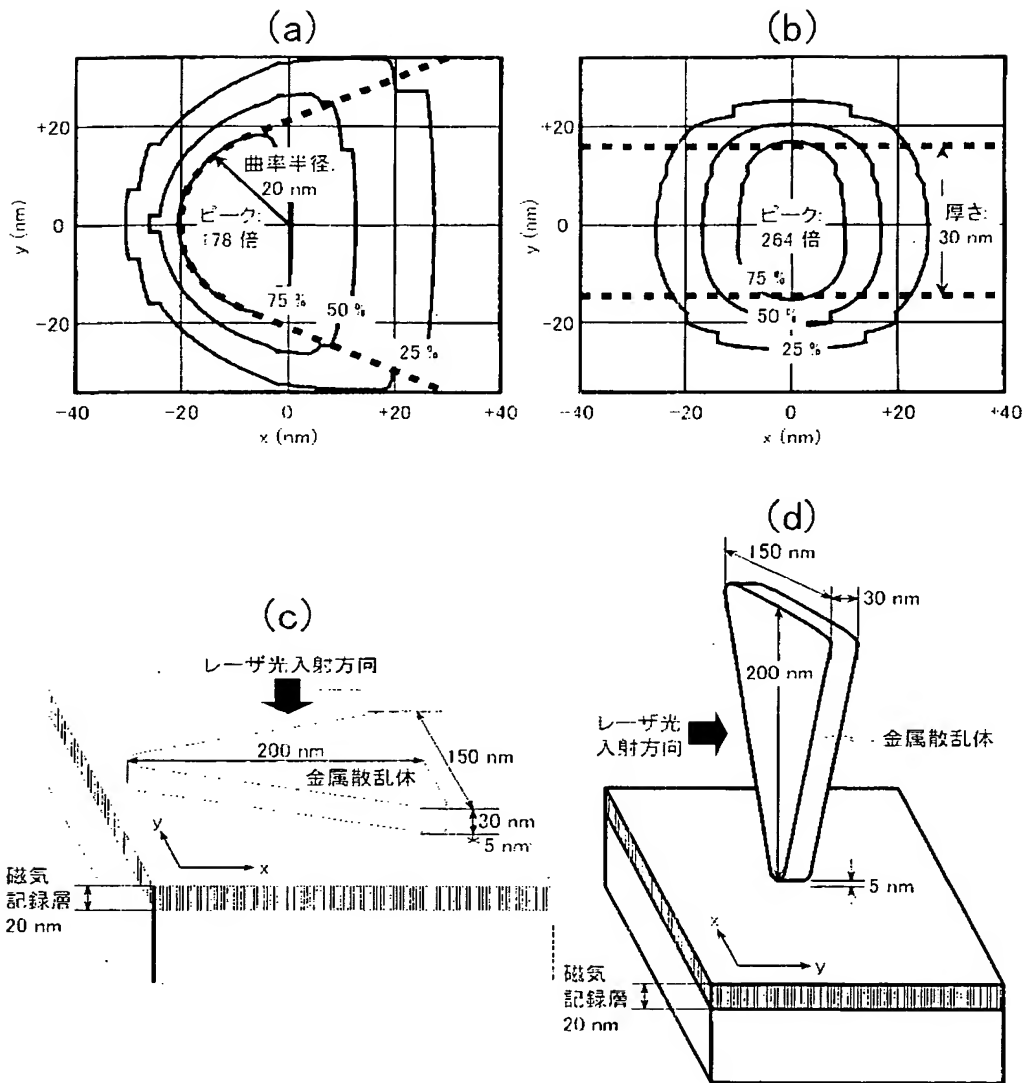
【図 4】

図 4



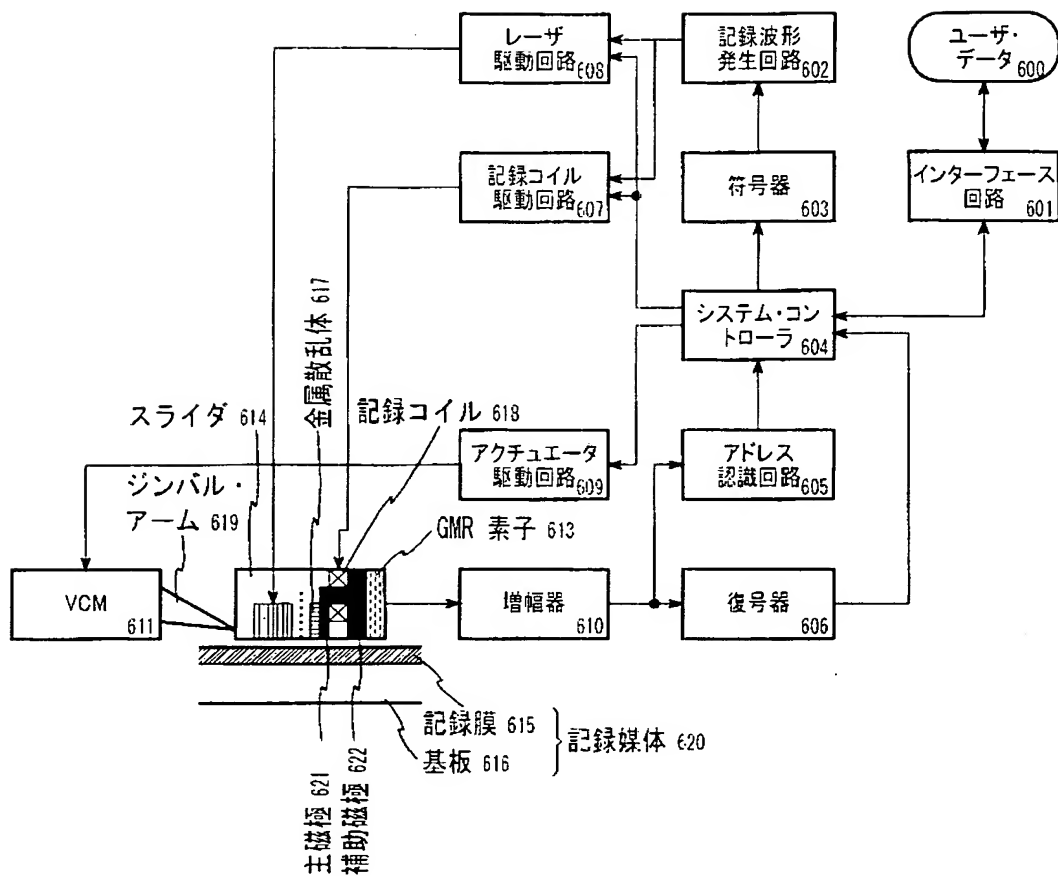
【図 5】

図 5



【図 6】

図 6



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 記録媒体上に良好な記録磁区を形成すること。および記録ヘッドの耐久性を改善すること。

【解決手段】 近接場光を発生させて記録媒体に熱磁氣的に情報を記録する情報記録装置において、光源と、記録媒体に磁界を印加するための磁極と、光源からの光が照射されることにより近接場光を設置される記録媒体近傍に発生する散乱体を有し、散乱体は、光源からの光が照射される面が、設置される記録媒体に略垂直となるように、磁極に接して形成されている構成とする。

【効果】 情報記録装置における記録密度が増大できると同時に信頼性をも向上でき、結果としてコストを低減することが可能となる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-320625
受付番号	50201663104
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成14年11月 6日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年11月 5日

次頁無

特願 2002-320625

出願人履歴情報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名

株式会社日立製作所